

- Structured Light Vision, Sensors (Basel). 2015 Aug; 15(8): 19750–19767. Published online 2015 Aug 12. doi: 10.3390/s150819750
- [2] Т. Р. Ключко, “Моделювання динаміки технологічного процесу для контролю якості токарної обробки деталей типу “вал”, *Резание и инструмент в технологических системах*, № 57, с. 115 – 121, 2000.
- [3] G. Wei, Q. Tan, “Measurement of shaft diameters by machine vision”, *Appl Opt.* 2011 Jul 1;50(19):3246-53. doi: 10.1364/AO.50.003246.
- [4] Q. Song, D. Wu, J. Liu, C. Zhang, J. Huang, “Instrumentation design and precision analysis of the external diameter measurement system based on CCD parallel light projection method”, *Proc. SPIE*. 2008; 7156 doi: 10.1117/12.807067.
- [5] Y. Xu, O. Sasaki, T. Suzuki, “Double-grating interferometer for measurement of cylinder diameters”, *Appl. Opt.* 2004;43:537–541. doi: 10.1364/AO.43.000537
- [6] Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк, М. А. Вайнтрауб, Т. Р. Ключко. *Фізичні засади технології ТОНТОР: монографія*. Київ, Україна: НТУУ «КПІ», 2010.
- [7] Volodymyr Skytsiuk, Tatiana Klotchko, Myhailo Buluk, “Specifics of influence of the chemical composition of abstract object’s presence zone on accuracy of determination of surface’s coordinates”, *Вісник КПІ. Серія Приладобудування*, Вип. 57(1), с. 62-71, 2019.
- [8] В. І. Скицюк, Т. Р. Ключко, “Визначення координати уявно-реальної поверхні межевої панданної зони об’єкта. Частина 1”, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування*, Вип. 53(1), с. 49-56, 2017.

УДК 621.376

## ВИКОРИСТАННЯ КВАДРАТУРНИХ ДЕМОДУЛЯТОРІВ ПРИ РОЗВ’ЯЗАННІ ТЕХНІЧНИХ ЗАДАЧ

Матвієнко С. М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: [s.matvienko@kpi.ua](mailto:s.matvienko@kpi.ua)

Розвиток ефективних систем радіозв’язку на основі фазової модуляції спонукав до розробки високоточних високочастотних (ВЧ) трансиверів, які суттєво збільшують можливості точного вимірювання фазового зсуву радіосигналів в широкому діапазоні частот. При розв’язанні технічних задач в енергетиці, при дослідженнях з визначення складу речовин, в точному приладобудуванні та радіонавігації виникає необхідність створення високоточних вимірювальних систем прецизійного вимірювання фазового зсуву радіосигналів [1]. Існуючі ВЧ-трансивери використовують технологію квадратурної модуляції та демодуляції сигналів, а для оптимізації та налагодження характеристик в системах такого типу застосовуються різноманітні математичні моделі та симулятори в різних програмних засобах.

На основі аналізу існуючих систем та приладів можна зробити висновок, що для впровадження таких технологій необхідно збільшити точність вимірювання фазового зсуву радіосигналів, частоти яких лежать у ВЧ та НВЧ (надвисокочастотних) діапазонах. Так, за допомогою зондування сигналом (1-6 ГГц) речовини можна провести точний кількісний вимір об’ємної частки

речовин без руйнівного впливу на матеріал при проведенні його аналізу [2]. Також часто є необхідність у синхронному вимірюванні фази сигналів одночасного з кількох джерел, при використанні таких технологій, як амплітудно-фазове детектування та Beamforming [2]. Так, технологія Beamforming дозволяє здійснювати не тільки вимірювання об'ємної частки речовин, а й визначити місце розташування цієї частки в досліджуваному об'єкті.

На основі досліджень встановлено, що при різних фазових зрушеннях в межах від  $-\pi$  до  $+\pi$  сигналу запиту, що подається на об'єкт, для зменшення похибки визначення фазового зсуву радіосигналів в об'єкті контролю необхідно визначити з застосуванням усереднення зсуву фази цих сигналів з врахуванням отриманого шляхом попереднього калібрування зсуву фази сигналу запиту.

**Ключові слова:** квадратурний демодулятор, фазова модуляція, зсуву радіосигналів.

#### **Література**

- [1] Н. Bohdan, V. Bazhenov, A. Protasov, “Development of a discrete orthogonal method for determining the phase shift between high-frequency radio impulse signals”, *Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium (MRRS)*, 2017 IEEE, 191-194.
- [2] Ryan Curran, Qui Luu, and Maithil Pachchigar, “RF-to-Bits Solution Offers Precise Phase and Magnitude Data for Material Analysis”, *Analog Dialogue* 48-10, October 2014. *Режим доступу:* <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/rf-to-bits-solution.html>

UDC 621.91.01:681.3.01

## **TO COMPUTER MODELING OF PROCESSES AND SYSTEMS**

*Sergii Vysloukh, Oksana Voloshko*

*National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine*

*E-mail: [vsp1@ukr.net](mailto:vsp1@ukr.net), [voloshko\\_o@ukr.net](mailto:voloshko_o@ukr.net)*

Today, the creation of highly efficient systems and processes in economics, technology, production, ecology is largely related to their research, construction and practical use.

When designing and researching complex systems, they operate not with the objects themselves, but with their models, that is, modeling acts both as an apparatus and as a means by which a project of a complex system is created. In the broad sense, modeling means the process of adequately reflecting the most significant aspects of an object or phenomenon under consideration with the precision required for practical purposes. Thus, modeling can be called a special form of mediation, the basis of which is a formalized approach to the study of a complex system. The theoretical basis of the modeling is the theory of similarity, which means an one-to-one correspondence between two objects, in which the functions of transition from the parameters of one object to the parameters of another object are known, and the mathematical descriptions of these objects can be transformed into identical ones.